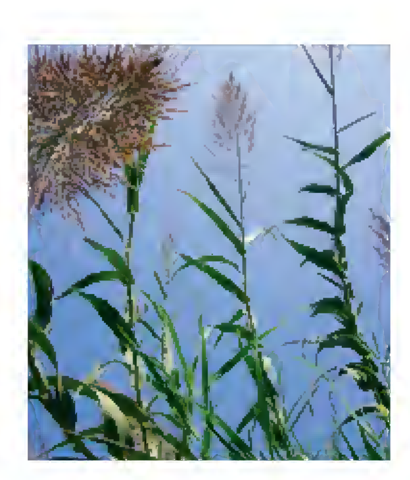
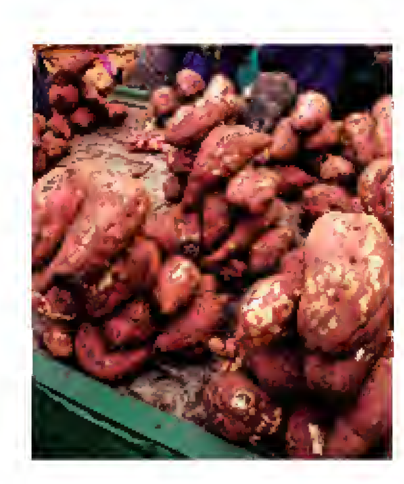


EL CARRIZO GIGANTE, ESPECIE INVASORA DE ECOSISTEMAS RIPARIOS
PÁG: 6



EL CAMOTE
PÁG: 11



NÚM. 81 NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 2008

ISSN: 1870-1760



BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CO DE LA BIODIVERSIDAD

PAVÓN

Para nadie es desconocido que el unicornio es un animal fabuloso, protagonista de numerosas historias y leyendas; representado habitualmente como un caballo blanco con cabeza púrpura, ojos de color azul intenso, patas de antílope, barba de chivo, cola de león o de jabalí, y un cuerno recto y espiralado en su frente, se le puede atisbar en parajes solitarios pero casi nunca cazar. Se cree que su cuerno, negro con la punta roja y la base blanca, posee propiedades medicinales y poderes curativos. Sin ser mítica, en México habita un ave "parecida" al unicornio: el pavón.



FERNANDO GONZÁLEZ-GARCÍA*

EL PAVÓN, UNICORNIO DEL BOSQUE DE NIEBLA

Dicen que en México el pavón (*Oreophasis derbianus*) toma su nombre común por las características del plumaje; en Guatemala lo llaman pavo de cacho por la estructura ósea, desnuda, casi vertical que corona su cabeza, de color rojo coral y mide casi 6 cm de largo. Es un ave relativamente grande, de 90 cm de longitud, perteneciente a la familia Cracidae, compuesta por 50 especies de aves galliformes, que viven en los bosques tropicales y subtropicales de América y muchas de las cuales están amenazadas o en peligro de extinción en la mayor parte de su distribución, debido a eventos como la destrucción y alteración de hábitat y cacería de subsistencia. A ella también pertenecen otros parientes cercanos del pavón como las chachalacas, pavas y hocofaisanes.

El patrón de su plumaje le permite ocultarse perfectamente entre el follaje del bosque de niebla.

Foto: © Fulvio Eccardi

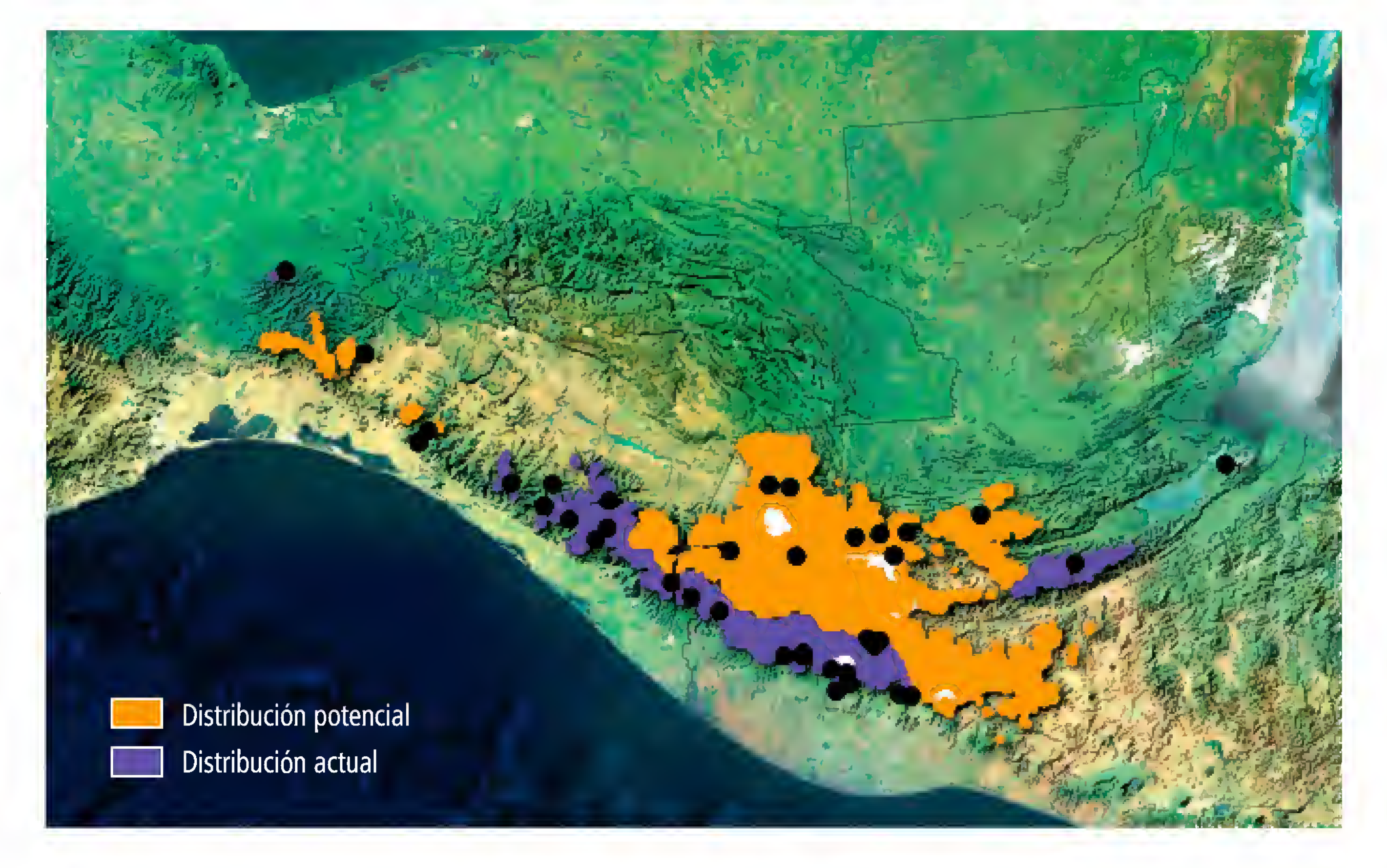
Peculiaridades del hábitat del pavón

En México, el pavón habita en gran parte de la Sierra Madre de Chiapas y posiblemente en Oaxaca (Los Chimalapas), y en Guatemala en la cordillera central. Es una especie de alta prioridad de conservación, que vive en altitudes comprendidas entre 1 650 y 3 350 m y su existencia está íntimamente ligada al bosque de niebla, aunque se sospecha que también se desplaza hacia tierras más bajas. Uno de los sitios más importantes para esta ave, en la Sierra Madre de Chiapas, es el bosque de niebla de la Reserva de la Biosfera El Triunfo. Allí el bosque de niebla es denso, con una altura que oscila entre los 20 y 30 m, aunque hay árboles emergentes, como los encinos, que alcanzan los 40 m de altura. El dosel presenta dos estratos arbóreos, uno de 6 a 12 metros y otro de 15 a 30 metros donde las copas de árboles emergentes se encuentran bastante separadas unas de otras. Es irregular siendo más homogéneo en el estrato medio y bajo. El estrato arbustivo y arbóreo bajo se caracterizan por la presencia de helechos arborescentes de varias especies con alturas de hasta 10 m y otras de menos de 2 m de altura. Desde el punto de vista de la fauna, la Reserva es un sitio de gran diversidad de especies, donde vive también otra de las aves más espectaculares del mundo: el quetzal *Pharomachrus mocinno*.

El posible origen evolutivo del pavón

Oreophasis, que etimológicamente significa faisán de montaña, es un género antiguo cuyo surgimiento se estima ocurrió hace 31 millones de años, en el periodo Terciario, probablemente en la actual re-

gión norte de Centroamérica. A esta conclusión se ha llegado al tomar en cuenta sus características morfológicas, su patrón único de coloración entre los crácidos y su aislamiento de la distribución geográfica que presentan los restantes miembros de la familia, excepto el pajuil *Penelopina nigra*, que en algunas partes comparten el mismo hábitat, es decir, donde hay pavón puede haber pajuil, pero donde hay pajuil no necesariamente hay pavón. El pavón se encuentra distribuido únicamente en México y Guatemala, es decir, se desarrolla en un ámbito acotado. La especie es de naturaleza sedentaria y vive en condiciones ecológicas específicas y restringidas al bosque mesófilo de montaña, lo que sugiere un limitado sitio de origen; quizá en el pasado el pavón habitó las tierras bajas del Terciario. Recientemente, *Oreophasis* ha sido catalogado en la subfamilia de los hocos (Cracidae); sin embargo, en términos de conducta y ecología es más similar a la subfamilia de las pavas (Penelopinae), considerando sus hábitos más arbóreos que terrestres, aunque vocalmente parecería estar más relacionado con los hocofaisanes. Así que evolutivamente, el pavón se ubica entre las pavas (género *Penelope, Penelopina*) y los hocofaisanes (género *Crax*).



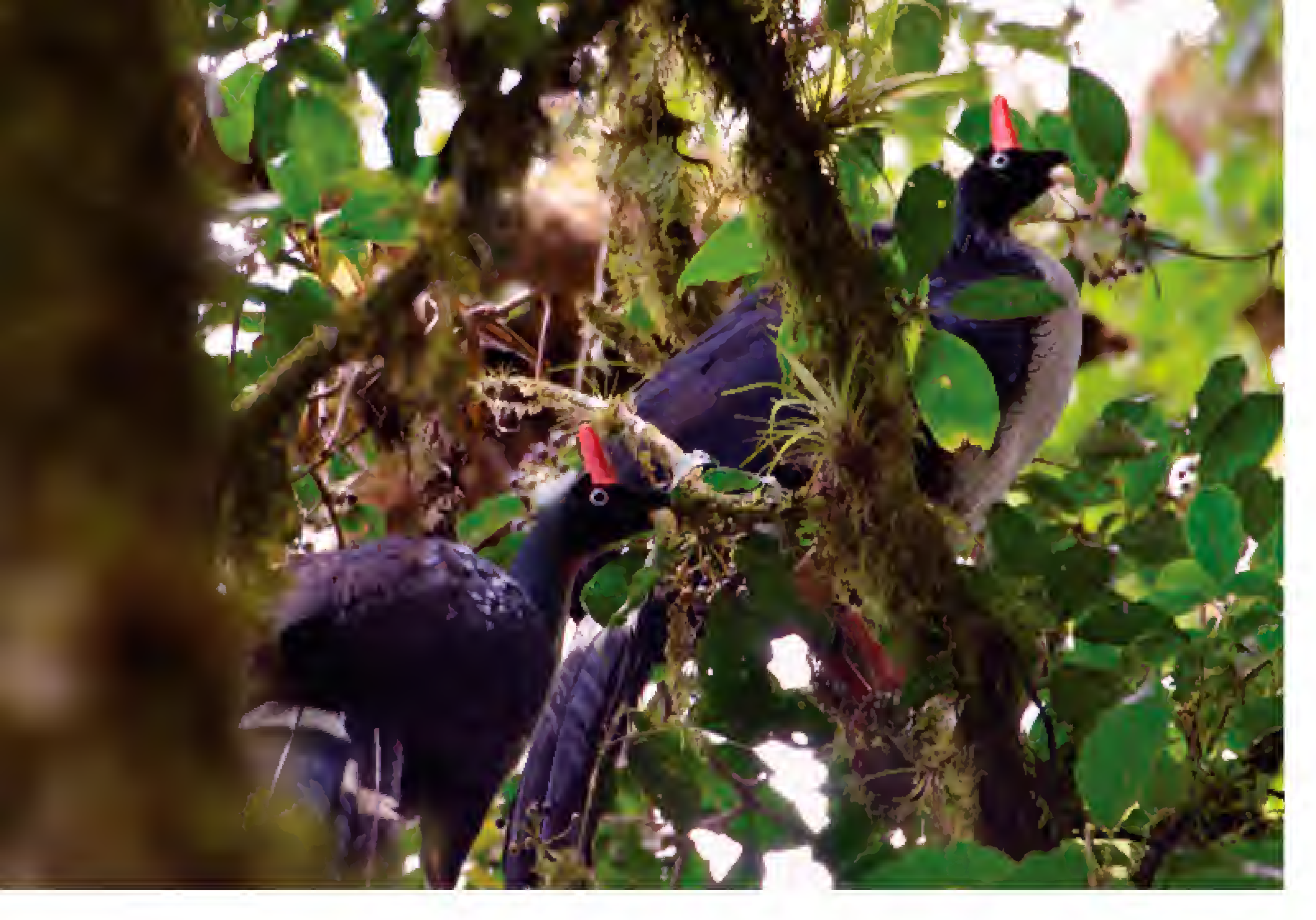
Distribución potencial y actual del pavón (*Oreophasis derbianus*) en México (Chiapas y Oaxaca) y Guatemala.

Intimidades del pavón

En esta especie los sexos son morfológicamente similares; es difícil diferenciar un macho de una hembra adultos, y mucho más a los polluelos y juveniles. La diferenciación sexual sólo se detecta a través de las vocalizaciones, sobre todo en los adultos. El macho tiene cuatro diferentes tipos de vocalizaciones y la hembra hasta ocho con variaciones. El macho emite sus constantes llamados de cortejo desde principios de noviembre hasta fines de mayo, que consisten en una especie de mugido profundo de siete notas y de baja frecuencia, cuya función es la de atraer a las hembras y delimitar su territorio. Durante el cortejo el macho realiza desplazamientos cortos entre árboles, llamando persistentemente a la hembra; cada llamado tiene una duración de siete segundos y es producido repetitivamente hasta por casi una hora, en una especie de tren de llamados. Como parte del cortejo, el macho proporciona a la hembra frutos y fragmentos de hojas verdes, ya sea de forma directa o a través de regurgitaciones. Este hecho, denominado conducta alimentaria, es un atributo de los machos, el cual necesariamente tienen que desarrollar, entre otras pautas conductuales, para acceder a una o varias hembras.

El sistema social es poligámico de tipo serial y un macho puede tener acceso de tres a cinco hembras durante la época de reproducción que generalmente se inicia en época de menor precipitación (noviembre a mayo). La temporada de anidación (postura e incubación de huevos y cuidado de pichones en el nido) va de febrero a mayo, e incluso puede acontecer desde enero. La selección del sitio para anidar es trabajo del macho, previa supervisión de la consorte, la cual al final determina si el sitio escogido por el macho es adecuado para la postura e incubación. El macho mediante sacudidas y movimientos pendulares de la cola y una especie de marcha le da forma al nido dentro de su territorio y motiva el acercamiento de la hembra. Por lo general los nidos se encuentran en la parte alta o media de los árboles, donde se acumula una densa población de bromelias y orquídeas, especies típicas del bosque de niebla. Se construyen sobre material vegetal, como raíces de bromelias, orquídeas, bejucos y hojarasca y miden en promedio 32 cm de diámetro.

Una vez que la hembra decide que el nido satisface sus requerimientos de protección y seguridad, sobreviene la separación de los consortes. Ésta anida en la parte elevada de árboles relativamente aislados del resto de la vegetación, a una altura promedio de 19 m. Pone dos huevos grandes de color blanco y textura áspera, con un tamaño promedio de 8.4 x 5.8 cm; la incubación dura alrededor de 34 a 35 días y sólo la realiza la hembra, al igual que el cuidado de los pollos. Durante la incubación sale del nido de una a cuatro veces diariamente, para alimentarse o tomar baños de tierra. Cada receso tiene una duración promedio de 30 minutos. Al término de la incubación,



El macho siempre se ubica en un estrato superior a la hembra.

Foto: © Fulvio Eccardi

los huevos eclosionan casi simultáneamente, con una o dos horas de diferencia. En contraste con otras especies de crácidos, los polluelos del pavón permanecen en el nido de tres a seis días y lo abandonan arrojándose al suelo, al llamado de la madre. En el suelo, hembra y pollos se identifican mutuamente mediante vocalizaciones cortas. Los pichones acompañan a su madre durante un periodo que puede durar hasta 10 meses, pero todavía se desconoce esta etapa de su biología. Al igual que otras aves frugívoras, el pavón parece realizar movimientos altitudinales estacionales para seguir la fructificación de especies de árboles frutales. Se ignoran su ámbito hogareño anual y el uso de hábitat en el periodo posreproductivo.

El pavón es de hábitos arbóreos y baja al suelo sólo durante el cortejo o la incubación para tomar baños de tierra. En los bañaderos es posible su captura para marcarlo, lo cual proporcionará información valiosa acerca de sus patrones de movimiento.

Foto: © Fernando González



La dieta y el papel ecológico del pavón

Los primeros reportes sobre su dieta indican que el pavón es frugívoro, pues se alimenta exclusivamente de frutos y de hojas verdes. En su dieta se reportan frutos de unas 57 especies y hojas de 12 especies de plantas. Una reciente investigación sugiere que por su conducta de forrajeo, los pavones parecen no llevar a cabo una dispersión efectiva de las semillas –es decir, las semillas no son alejadas a suficiente distancia del árbol progenitor para una mayor probabilidad de supervivencia y establecimiento–, lo que probablemente incide en el éxito reproductivo de las plantas y en la estructura de las poblaciones y las comunidades vegetales. Sin embargo, aún se desconoce el tiempo que las semillas permanecen en su tracto digestivo, lo cual puede ser la clave que explique su efectividad como dispersor de semillas. Este tema es fundamental para comprender la función del pavón en la dinámica y estructura del bosque de niebla, además de otros aspectos ecológicos de importancia para su conservación.

El futuro de nuestro unicornio y su hábitat

El pavón se encuentra en peligro de extinción, y cuenta con un proyecto de conservación a largo plazo, por medio del cual se trabaja en programas *in situ* y *ex situ*. Uno de los factores más críticos que atentan contra su preservación es la alteración y destrucción del bosque de niebla en la Sierra Madre de Chiapas, principalmente en el interior de la Reserva de la Biosfera El Triunfo y en la zona de Los Chimalapas, Oaxaca. La expansión de la agricultura, sobre todo el cultivo de café, se ha incrementado en la Sierra por lo que nuevos asentamientos humanos se han establecido en las montañas. Afortunadamente, a la fecha hay un mayor conocimiento sobre el estado de conservación y distribución del bosque de niebla en la Reserva, así como una visión de las tendencias en el avance de la frontera agropecuaria, con base en los sistemas de información geográfica. Sin embargo, es necesario realizar este tipo de evaluaciones en las zonas de posible ampliación o creación de nuevas áreas de conservación de la Sierra: el oeste, norte y el sur incluido el Volcán Tacaná. Hasta el momento, la única protección real para el pavón se encuentra en la Reserva de la Biosfera El Triunfo. No obstante, se debe tomar en cuenta que, aparte de las zonas núcleo, la mayor cobertura del bosque de niebla se encuentra en la zona de amortiguamiento: las propiedades privadas y los terrenos ejidales. La protección efectiva y el futuro estatus de la especie dependen en gran medida de la conservación de su hábitat en el interior de la Reserva y, por supuesto, de la estrecha colaboración entre las di-

ferentes comunidades humanas locales y la administración de la Reserva, y de la cooperación internacional.

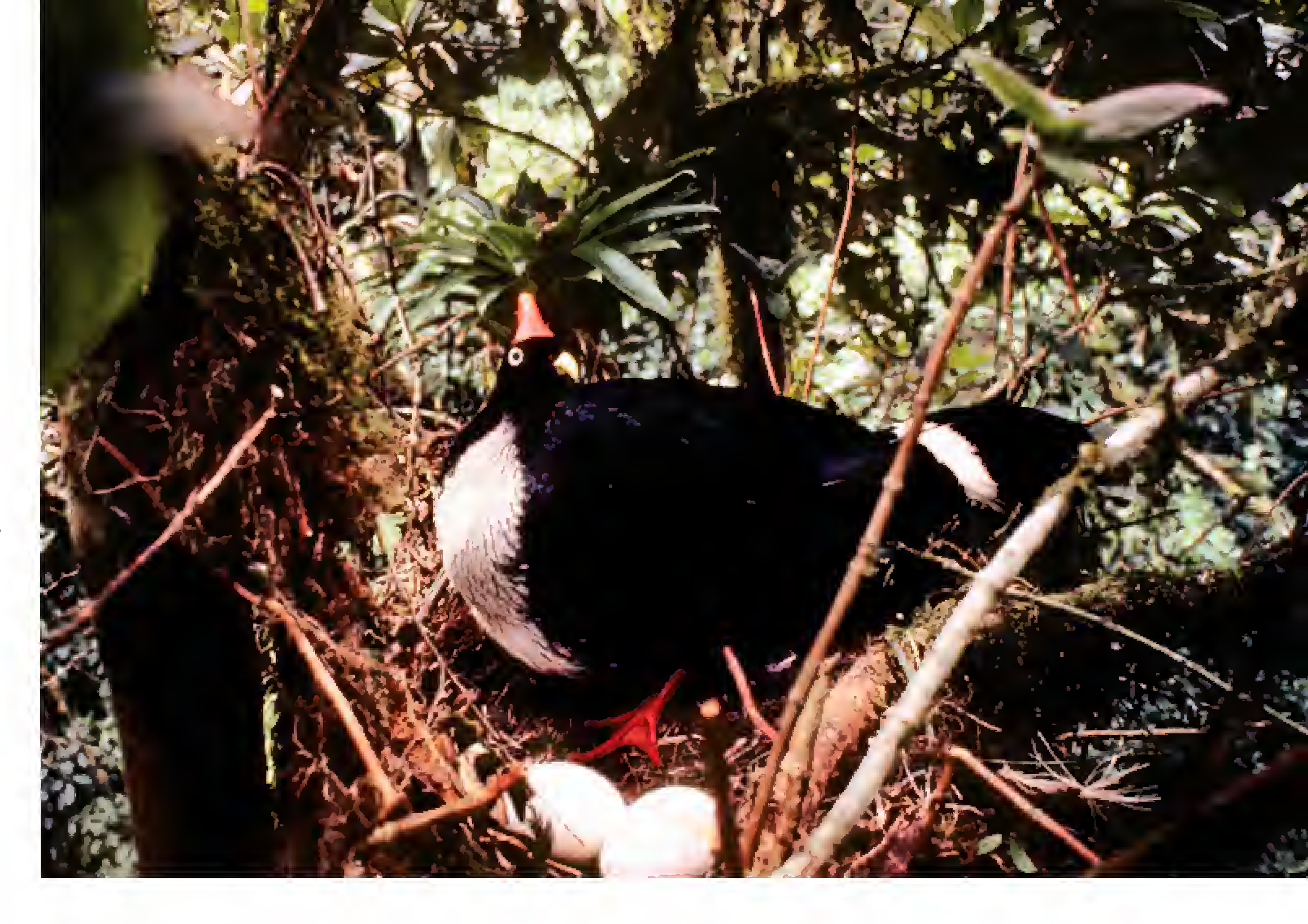
De acuerdo con investigaciones recientes y con el Grupo Internacional de Especialistas de Crácidos, la especie ha sido considerada como críticamente en peligro, debido sobre todo a las presiones de cacería y destrucción del hábitat, aunque la captura con fines comerciales y de tráfico no dejan de ser relevantes. Además, estudios actuales sobre calentamiento global y la distribución de los crácidos mexicanos ubican al pavón como la especie con el mayor potencial de extinción debido a la desaparición de su hábitat por el cambio del clima. Es urgente y necesario profundizar en la ecología de la especie para conocer sus requerimientos y determinar si es factible en un futuro cercano iniciar programas de introducción y/o traslocación del pavón en otras áreas similares de bosque mesófilo, ya sea dentro de su actual área de distribución o fuera de ella.

En la Sierra Madre de Chiapas se estima que el bosque de niebla cubre aproximadamente 100 mil hectáreas en forma de franja, que corre de sureste a noroeste a lo largo de buena parte de la Sierra. Dentro de la Reserva de la Biosfera El Triunfo se encuentra lo que es quizá la superficie más extensa de bosque de niebla en el sureste del país, es decir alrededor de 50 mil hectáreas continuas. Sin embargo, el bosque de niebla está desapareciendo rápidamente. Ha sido destruido en mayor o menor grado como resultado de asentamientos humanos, agricultura, ganadería, pastoreo y cultivo de café, de tal modo que la continuidad del bosque en la Sierra, y sobre todo en la Reserva, se encuentra amenazada o incluso ya fragmentada. Un "cinturón" de vegetación secundaria parece interrumpir esta continuidad hacia la parte norte de la Reserva, así como también en sus partes media y sureste, lo cual es una amenaza potencial para las cinco zonas núcleo, es decir, las mejor conservadas de la Reserva. Éstas son las áreas críticas y de importancia para la conservación del bosque de niebla y para nuestro unicornio de cuerno rojo. Dado que la Reserva es la única zona que proporciona protección al pavón, deben considerarse los impactos reales y potenciales que amenazan con la formación de un archipiélago de vegetación en el mediano plazo al interior de ella y a lo largo de la Sierra Madre de Chiapas.

A lo anterior se suman los factores de origen natural; en 1998 el huracán Javier y en octubre de 2005 la tormenta tropical Stan, causaron severos daños ecológicos en la mayor parte de la Sierra Madre de Chiapas que afectaron la cobertura vegetal en la Reserva. A la fecha se desconocen las consecuencias de estos fenómenos sobre la población de pavones y la estructura y composición del bosque de niebla.

Se tiene el firme propósito de profundizar en la ecología e historia natural del pavón, por lo que a partir del otoño de 2007 se empezó a generar información adicional sobre ecología, comunicación acústica y conservación, con el apoyo de la tecnología de la telemetría satelital con GPS, la cual proporciona información sobre sus movimientos altitudinales, tamaño de territorios y sus patrones de movimiento a partir de los cuales se entenderá la vida de los pavones en el bosque de niebla y se contará con las herramientas ecológicas necesarias para sugerir e implementar estrategias de conservación y manejo para la especie a mediano y largo plazos. Esta investigación es apoyada por el Instituto de Ecología, A.C., Embajadores de las Nubes en México y por la Fundación Terra Natura-Cibio, de la Universidad de Alicante, España.

Y el bosque de niebla no tiene más que un unicornio... pero de cuerno rojo...



El primer nido de pavón, ubicado a 24 m de altura en un árbol conocido localmente como montón (*Matudaea trinervia*), se descubrió el 6 de abril de 1982. Un segundo nido fue descubierto el 21 de abril de 1983 a un altura de 16.7 m en un árbol de *Clethra* sp.

Foto: © Fulvio Eccardi y Fernando González

Fernando González-García, Departamento de Biodiversidad y Ecología Animal, Instituto de Ecología, A.C., Veracruz, México; fernando.gonzalez@inecol.edu.mx

José Juan Flores Maldonado[1], Andrea Prado Navarro[1], Ana Laura Domínguez Orozco[1], Roberto Mendoza[1], Ana Isabel González Martínez[2]

EL CARRIZO GIGANTE, ESPECIE INVASORA DE ECOSISTEMAS RIPARIOS



Cerca del año de 1800, los colonizadores españoles trajeron a nuestro continente una especie vegetal que, sin saberlo ellos, ocultaba una doble realidad; por un lado, son evidentes sus beneficios potenciales como elemento útil para la conservación del suelo de las riberas de los ríos o bancos riparios, su uso como material para la construcción de techos de casas y la fabricación de instrumentos de viento, como flautas y oboes; sin embargo, por otro lado, nadie imaginaba que esta especie aguardaba el momento oportuno para aprovechar todas las condiciones idóneas de los nuevos sitios y expandirse y dominar los ecosistemas riparios, trayendo consigo cambios sustanciales en la ecología de estos sistemas. Así inicia la historia de una de las especies de plantas exóticas invasoras más antiguas de las que se tiene referencia; se trata de *Arundo donax*.

Coloquialmente conocido como carrizo gigante, caña brava, caña gigante, caña bambú, caña bambú gigante, vara donax, vara de bambú o vara de río, *Arundo donax* es una especie que pertenece a la familia de las gramíneas, la cual se caracteriza por formar grandes masas, con rizomas cortos.

Es originaria del continente asiático en su porción occidental y durante miles de años se ha dispersado a lo largo de Asia, el sureste de Europa y el norte de África. Desde su introducción al continente americano, se han documentado sus impactos. Existen referencias que ilustran su comportamiento invasor en la costa oeste de Estados Unidos, particularmente en el área de la Cuenca de Santa Ana, California. Hoy en día esta especie es considerada invasora de los cuerpos de agua dulce de ambas costas de la Unión Americana, lo cual da muestra de su enorme capacidad de colonización de nuevos sitios. En nuestro país es frecuente observar la proliferación y el desarrollo de *Arundo donax* en los diversos sistemas riparios, llegando al grado de amenazar la integridad de diversos ecosistemas acuáticos frágiles, como Cuatrociénegas, Coahuila.



Aspectos biológicos de la especie invasora

Una de las ventajas competitivas del *Arundo donax*, con respecto a las plantas nativas, es su gran potencial de crecimiento y alta productividad de biomasa, características que la posicionan como una de las especies con mayor rango de desarrollo y producción primaria en todo el planeta. Se ha registrado que bajo condiciones óptimas crece hasta 5 cm por día, generando una biomasa de al menos 3.4 toneladas de peso seco por hectárea.

Parte de su éxito como competidor se debe a su capacidad para adaptarse a suelos de baja calidad; su tolerancia a valores de pH que van desde lo ácido (5) hasta lo alcalino (8.7); su flexibilidad fisiológica, que le permite desarrollarse en áreas cuyas precipitaciones varían desde los 300 mm hasta los 4000 mm anuales; y su capacidad para sobrevivir en áreas donde se presentan altas salinidades. En estudios de laboratorio se ha comprobado su habilidad para soportar diversas concentraciones de sales, lo que la sitúa como un riesgo potencial de invasión de marismas.

Otro factor no menos importante es el hecho de que como colonizadora oportunista de nuevos hábitats esta especie aprovecha eficientemente las alteraciones ambientales producidas por impactos antropogénicos y los ocurridos por causas naturales. De esta manera, tanto los incendios como las crecientes en los ecosistemas riparios han contribuido a su expansión. En el caso de los incendios, la presencia de un sistema radicular estolonífero proporciona a la especie una protección, pues a pesar de que la parte aérea resulta afectada, los estolones no sólo no perecen, sino que continúan viables, permitiendo la supervivencia y posterior establecimiento de las plántulas.

En segunda instancia, la clave de su potencial dispersor es su particular medio de propagación: aun cuando produce floración y semillas, estas últimas resultan inviables en el medio natural, por lo que su reproducción es exclusivamente vegetativa, y los estolones y tocones que son transportados durante las crecientes de los ríos se dispersan aguas abajo, desarrollándose así cada segmento como un propágulo capaz de establecer una nueva planta. Este medio de propagación establece el éxito de la planta como hábil invasor de nuevos hábitats. Durante los primeros años, la diversidad y cobertura de la flora riparia contribuyen a que la infestación de *Arundo* se mantenga retardada; sin embargo, una vez establecida, tiende a formar masas de raíces largas y continuas, algunas veces extendiéndose en grandes superficies, usualmente a expensas de la vegetación nativa que no puede competir contra ella.

¿Cómo afecta *Arundo donax*?

Dentro de las causas que contribuyen a la pérdida del capital natural destaca la transformación de los ecosistemas por la contaminación, la modificación del hábitat, el tráfico de especies; entre otras razones; sin embargo, en los últimos años se ha considerado la introducción de especies invasoras como la segunda causa de pérdida de la biodiversidad a nivel mundial. Desgraciadamente, sus efectos sobre nuestros ecosistemas y especies están documentados de manera incipiente, lo que dificulta la estimación de su impacto ecológico y económico.

Es común observar la proliferación y el desarrollo del carrizo gigante en los diversos sistemas ribereños de nuestro país.

Foto: © José Juan Flores

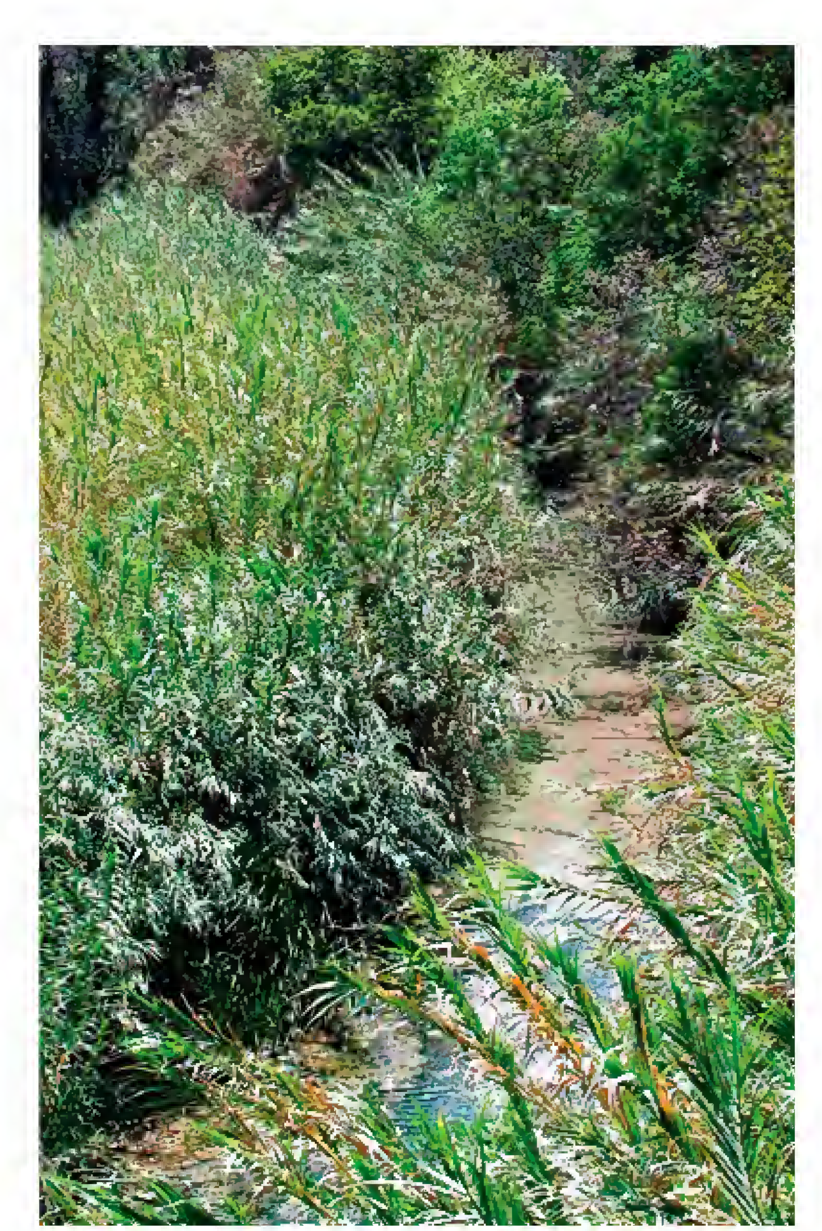
Pan enseñando a Dafnis a tocar la flauta. Copia romana en mármol de un original helénico, *ca.* siglo I-II a.C., Museo Nacional de Roma.

Su gran capacidad adaptativa la ha llevado a expandirse y dominar los ecosistemas riparios, trayendo consigo cambios sustanciales en la ecología de estos sistemas

Los estolones son estructuras que brotan del tallo y producen raíces que posteriormente dan origen a nuevas plantas.
Foto: © Andrea Prado Navarro

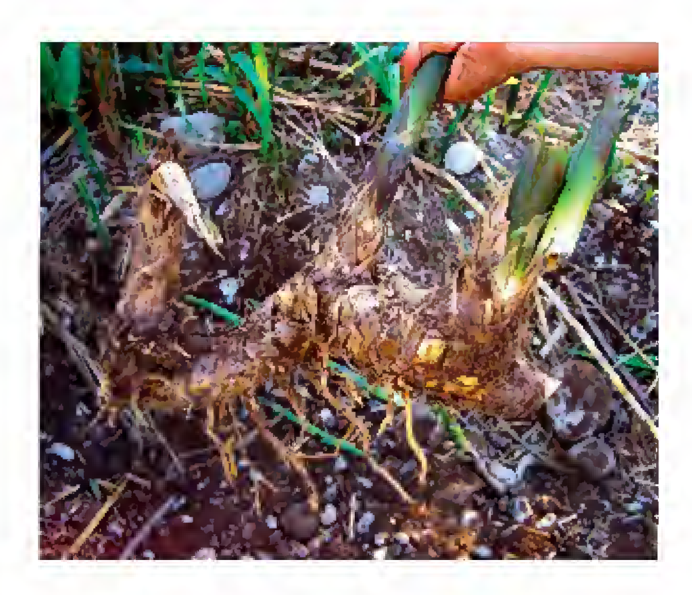
La disminución de agua de los ecosistemas invadidos es uno de los impactos más notables: *Arundo donax* requiere una gran cantidad de agua para su crecimiento y llega a consumir entre 3 y 10 veces más que las especies nativas, lo cual eleva significativamente los rangos de evapotranspiración de los ecosistemas acuáticos. En cálculos realizados para el área de Cuatrociénegas, Coahuila, se estima que por este proceso se pierden cerca de 6326 litros/m^2/año, en promedio 17.3 litros/m^2/día. La dispersión generalizada de esta especie sobre sistemas acuáticos, principalmente los riparios, representa una enorme amenaza para la conservación del recurso hídrico del país, lo que a la larga puede acarrear problemas sociales y económicos por la pérdida, manejo y protección de este recurso. Como ejemplo pueden considerarse los costos derivados de la invasión de *Arundo donax* en la Cuenca del Río Santa Ana, California, donde, después de la infestación de más de 4 mil hectáreas cubiertas por el carrizo gigante, se generó la pérdida de 37 096 920 m^3 lo que se tradujo en un gasto de más de 12 millones de dólares para su control por año.

La invasión del carrizo gigante amenaza la integridad de algunas especies de flora y fauna.
Foto: © Heike Vibrans



Otros de los impactos causados por esta especie y que tienen trascendencia en el ámbito socioeconómico son:

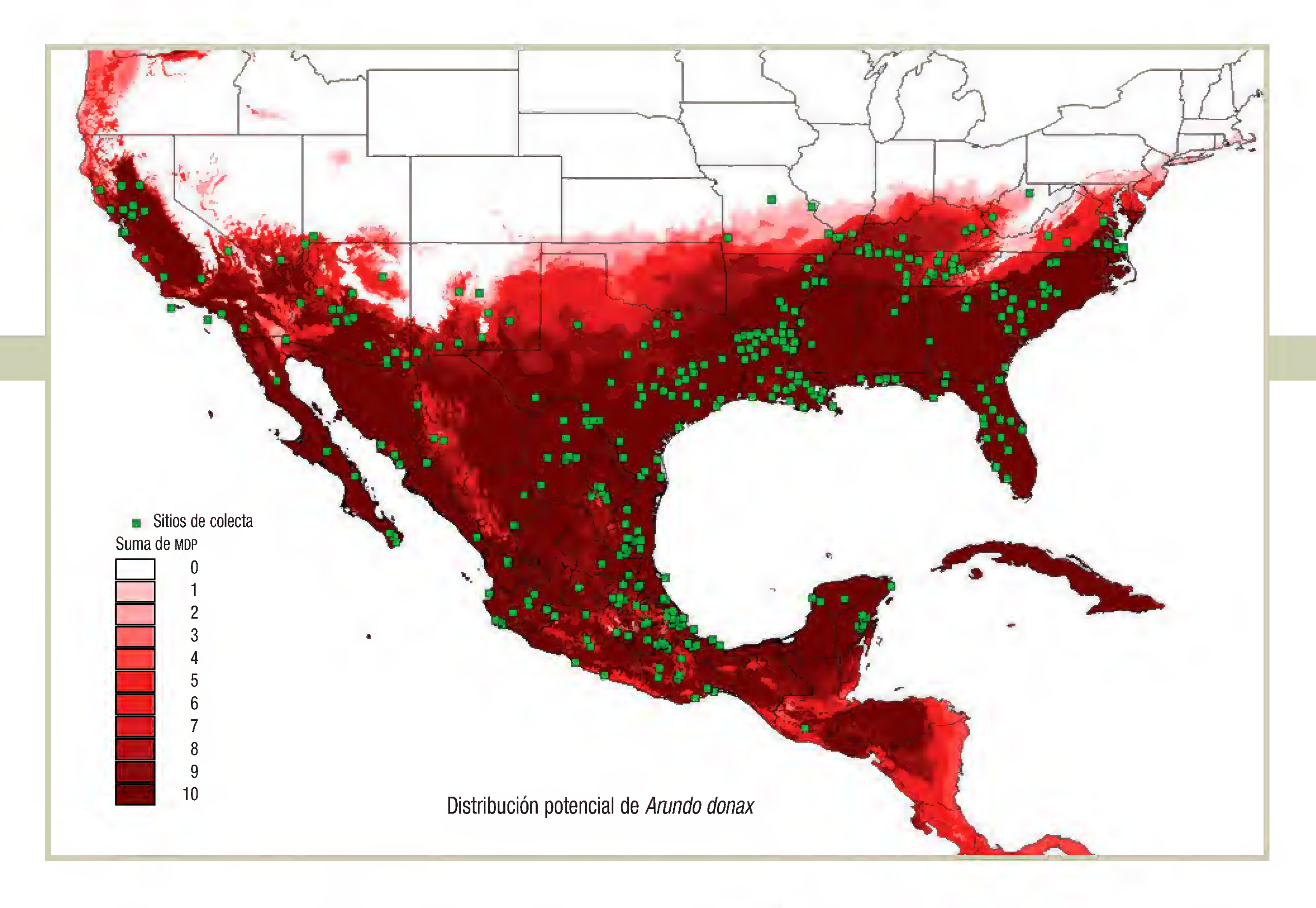
- La invasión y el azolve de los canales de riego, que hacen necesarias las labores de limpieza frecuentes.
- Contaminación biológica y las subsecuentes acciones encaminadas para su manejo y control.
- Daños a la infraestructura social, por ejemplo los puentes, caminos, etcétera.
- El establecimiento de áreas propensas a incendios que pueden ocasionar daños a la infraestructura y patrimonio social.
- La generación de erosión de los bancos riparios, lo que deriva en la pérdida de suelo.
- La modificación de los cauces de agua, que reduce la velocidad y forma de los bancos riparios.
- La constitución de hábitats para especies de mosquitos de importancia médica, convirtiendo estas áreas en focos potenciales para la dispersión de enfermedades acarreadas por los vectores.



Efectos sobre el ambiente

El establecimiento de esta planta exótica en ambientes riparios, especialmente en zonas perturbadas, ha disminuido drásticamente la disponibilidad de alimentos y sitios de refugio o anidación para especies nativas. *Arundo donax* compite con el sauce (*Salix* spp.), la jarilla de río (*Baccharis salicifolia*) y los álamos (*Populus* spp.) que, a diferencia del carrizo gigante, sí proporcionan la estructura necesaria para las especies de la vida silvestre, particularmente las aves como el vireo de bell (*Vireo bellii pusillus*) y el mosquero saucero (*Empidonax traillii eximus*), consideradas especies en peligro de extinción en Estados Unidos; se presume que este situación se originó por modificación de sus hábitats e infestación por *Arundo donax*.

En lo que se refiere a su valor como forraje o alimento para la vida silvestre, las evidencias indican que *Arundo* no es aprovechado por la fauna nativa, debido a



Suma de MDP se refiere a la sobreposición de varios Modelos de Distribución Potencial. El gradiente de color representa las coincidencias en la predicción de los distintos modelos.

que sus hojas contienen químicos nocivos como sílice, esteroles, glicósidos cardiacos, índoles similares al curare, ácidos hidroxámicos y otros numerosos alcaloides que lo protegen de ser consumido por insectos.

En los sistemas acuáticos se ha observado que la incipiente cobertura de *Arundo*, que no proporciona sombra suficiente, favorece que la temperatura del agua aumente causando cambios en la composición química y biológica de los cuerpos de agua. En primer lugar, con la mayor incidencia de luz solar, la fotosíntesis aumenta, provocando el crecimiento algal que incrementa la concentración de nitrógeno y amonio no ionizado y la dismunución del oxígeno disuelto de tal modo que los ecosistemas infestados por *Arundo donax* presentan generalmente una baja biodiversidad. Ejemplo de estos procesos son los documentados por Hendrickson, quien ha venido monitoreando desde 1961 hasta la fecha los efectos de la invasión de *Arundo* en el hábitat de un pez nativo endémico del Río Salado, *Etheostoma segrex*. Los resultados muestran que las poblaciones de este pez han disminuido y en la actualidad se encuentra casi extinto, presumiblemente como resultado de las modificaciones de hábitat causadas por *Arundo donax*.

Asimismo, cuando se establece en un nuevo ecosistema, *Arundo* desestabiliza los bancos riparios, provocando cambios en la estructura del paisaje; y, al aumentar la sedimentación en los cuerpos de agua, afecta directa e indirectamente a las comunidades acuáticas. De esta manera, se han implicado los efectos de la modificación de los bancos riparios en la disminución de las poblaciones de peces nativos como la carpita de arroyo (*Gila orcutti*), el espinoso o espinocho (*Gasterosteus aculatus*), la carpita pinta (*Rhinicthhys osculus*) y el matalote de Santa Ana (*Catostomus santaane*).

Finalmente, se ha reportado que las comunidades de carrizo gigante forman a menudo paredes impenetrables de material vegetal que limita la dispersión de muchas especies de biota terrestre y anfibia.

Medidas de control y manejo: esfuerzos para su erradicación

Con el fin de evitar o minimizar los daños socioeconómicos y ambientales derivados de la invasión de especies exóticas, se recurre a diferentes medidas de control y erradicación de estas especies. Esta situación representa una tarea compleja que requiere, por un lado, la participación interinstitucional coordinada y, por el otro, métodos que puedan integrarse para su control eficiente.

Dentro de los principales métodos de control para *Arundo dinax* se reconocen dos. El primero de ellos consiste en el empleo y aplicación de químicos, siendo el más utilizado y exitoso. El pesticida más empleado es el glifosato, cuyo nombre comercial es Rodeo®, Aqua master®, Touchdawn®, Roundop®; es un inhibidor competitivo de las enzimas necesarias para la síntesis de aminoácidos aromáticos. Se utilizan tres tipos de aplicación de este herbicida: la colocación foliar; cortar los entrenudos y rociar o aplicar el herbicida sobre el área



En época de secas, las concentraciones de carrizo gigante representan un riesgo de incendio forestal.

Foto: © Dori Bot

cortada; y cortar los entrenudos, dejando crecer los rebrotes y aplicando el herbicida sobre éstos. Es importante señalar que el uso de control químico no es específico para el carrizo gigante, por lo que resulta crucial evaluar los efectos que resulten de su aplicación sobre otras especies de flora y fauna.

El segundo método de control de *Arundo donax* es la remoción mecánica, usando maquinaria pesada. Sólo es efectivo si se logra remover por entero la masa de rizomas ya que, como se mencionó anteriormente, un solo rizoma tiene la habilidad de rebrotar.

Hay investigaciones en curso con el objetivo de encontrar un método de control biológico para *Arundo*; sin embargo, hasta el momento no se ha logrado identificar un agente eficiente. El proceso es lento, pues se debe tener la certeza de que este organismo no actuará negativamente sobre otras especies.

Conclusión

A lo largo del presente documento, hemos revisado los impactos reales y potenciales de la presencia del carrizo gigante sobre los ecosistemas riparios. Por desgracia, esta especie se encuentra ampliamente distribuida en las redes hidrológicas de nuestro país.

La respuesta para el control y manejo de esta longeva e histórica invasión se ha llevado a cabo de manera aislada y su atención ha sido lenta e inadecuada, dando por resultando que el carrizo sea uno de los elementos que caracterizan los paisajes riparios de casi la mayoría de los ríos de nuestro país, con la consecuente pérdida de biodiversidad y funcionalidad de los mismos.

Es así que para el control de *Arundo donax* se deben considerar diversos frentes de atención, siendo el primero la prevención de la invasión en aquellos sitios donde no se ha detectado. Esto puede lograrse a través de la difusión y concientización de los propietarios sobre la biología, ecología y los impactos de la presencia de la especie. Por otro lado, en las áreas donde la densidad del carrizo gigante ya es un problema, se deben buscar las técnicas más adecuadas para lograr la restauración de los sitios, de modo que se recupere la funcionalidad de estos humedales que proporcionan servicios ambientales y valores tangibles e intangibles para los seres humanos.

Agradecimientos

A Alberto Contreras Arquieta por haber facilitado parte de la bibliografía para realizar la revisión, y a Heike Vibrans, Jesús Alarcón y Elizabeth Moreno por las fotos y los mapas.

Para consultar la bibliografía de este artículo, escribir a los autores.

[1] Facultad de Ciencias Biológicas, UANL
mendozar787@yahoo.com
[2] Conabio, DTAP,
agonzalez@xolo.conabio.gob.mx

Edelmira Linares*, Robert Bye*,
Daniel Rosa-Ramírez** y Rogelio Pereda-Miranda**

EL CAMOTE

¿El origen del camote ha sido dilucidado?

El género *Ipomoea* de la familia Convolvulaceae tiene alrededor de 600 especies distribuidas en los trópicos y subtrópicos de todo el mundo. El camote (*Ipomoea batatas*) es una de las ocho especies de la sección *Batatas* nativa que abarca desde México hasta el centro de Sudamérica. Presenta raíces engrosadas comestibles por lo que ha sido muy apreciado desde la antigüedad. Existen varias teorías sobre el área geográfica de su domesticación; algunos investigadores defienden el origen mesoamericano y otros el polinesio. Austin propone que surgió en el área geográfica ubicada entre Yucatán y la desembocadura del río Orinoco, que es donde se distribuye *I. trifida,* planta silvestre que se ha emparentado con *I. batatas*; esta región geográfica está cercana al actual área de mayor diversidad de camotes, en Perú. Como puede verse, los hechos históricos e información arqueológica no habían sido concluyentes para dilucidar el origen de *I. batatas*, hasta que estudios citogenéticos –realizados por Srisuwan y colaboradores– demostraron que el pariente silvestre más relacionado es *I. trifida* y que tal vez sea su progenitor.

Basado en 69 cultivares de *I. batatas* de cuatro regiones geográficas latinoamericanas, el análisis –desarrollado por Dapeng Zhang y colaboradores– con marcadores moleculares por medio de la técnica AFLP (polimorfismo en la longitud de los fragmentos del ADN amplificados) mostró un patrón geográfico, revelando la mayor diversidad genética en América Central y menor diversidad en Perú y Ecuador. Estos resultados apoyan la hipótesis de que Centroamérica es el centro primario de diversidad del camote y la región sudamericana debería considerarse un centro secundario.

Por su parte los estudios de Rajapakse y colaboradores, demostraron con la variación de la secuencia de nucleótidos para el gen ß-amilasa, que *I. trifida* e *I. batatas* forman un grupo monofilético, es decir, que descienden del mismo ancestro.

Un poco de historia

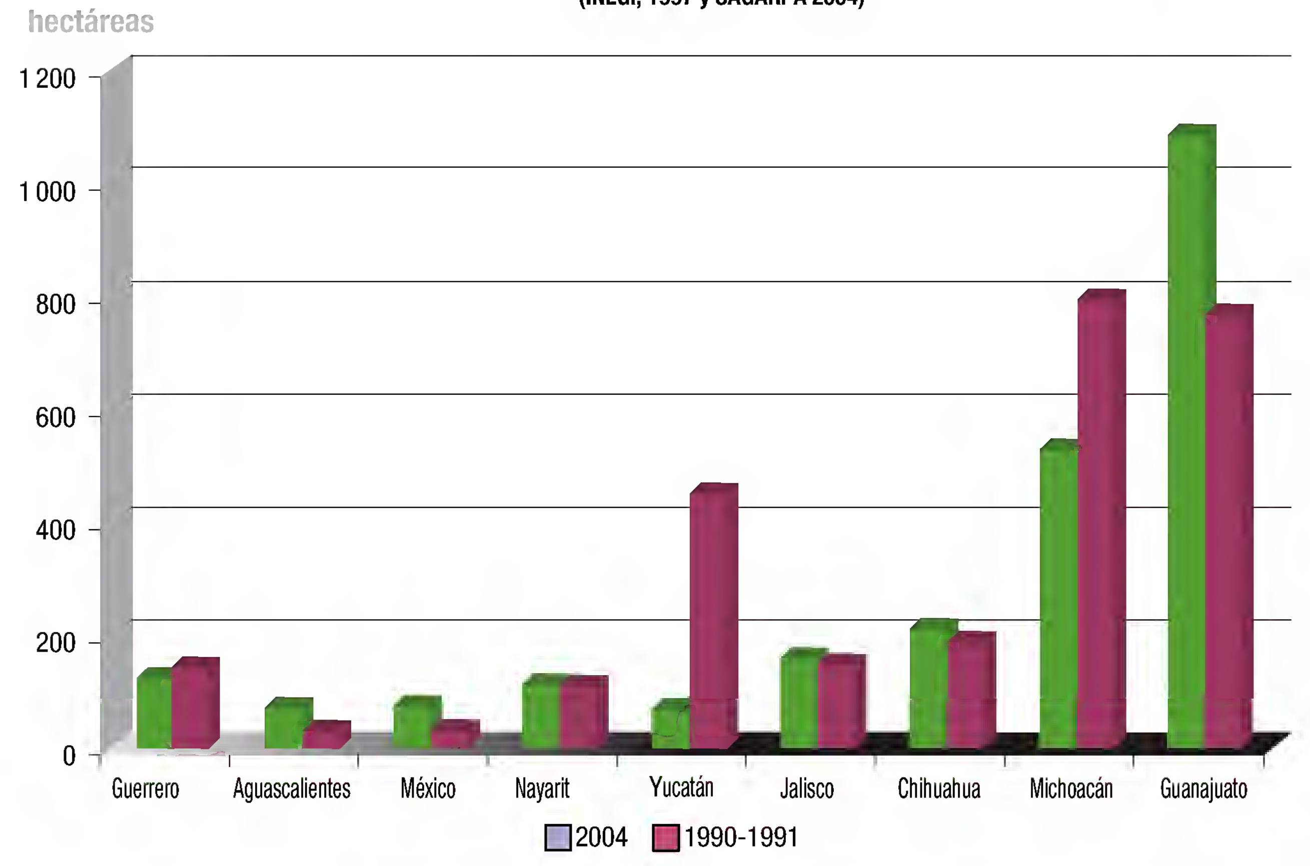
Aunque su génesis parece haber sido aclarada finalmente, algunos datos históricos sobre su posible origen generaron diversas hipótesis que, por ser de interés histórico, las mencionamos.

Vavilov reparó que el origen del camote fue la región que va del sur de México, a Guatemala, Honduras y Costa Rica. Por su parte, O'Brien ubicó su origen en el noroeste de Sudamérica o en Centroamérica, cerca de 3 000 a.C., como parte del desarrollo de la agricultura de las plantas con tubérculos comestibles en los bosques tropicales; sin embargo, algunos autores (Austin y Seminario) discurrieron que la edad estimada por O'Brien es mucho más antigua. Esta propuesta concuerda con los hallazgos de camotes en la costa peruana que datan de 8 mil a 10 mil años y también con Yen, quien argumenta que el camote puede estar entre las primeras plantas domesticadas del mundo.

Austin estimó que alrededor de 2 500 a.C., los protochibchas, chibchas o poblaciones influidas por los chibchas, descubrieron el camote y lo domesticaron, llevándolo a su cultivo. Los mayas y los incas ha-

Los vendedores de camote ofertan sus productos en casi todo el país.

Foto: © Fulvio Eccardi



A principios del siglo XIX fray Juan de Navarro describió las propiedades medicinales del camote en su obra *Historia natural o jardín americano*.



brían tomado la planta domesticada y produjeron nuevas variedades, las cuales se adaptaron mejor a las condiciones locales de cada una de estas civilizaciones precolombinas.

Barrau se inclinó por el origen polinesio aunque propuso tres posibilidades: *a*) los polinesios navegaron hacia las costas americanas y regresaron con camotes, *b*) los indígenas americanos llevaron camotes navegando a la Polinesia y *c*) estas plantas fueron introducidas a la Polinesia una o más veces por los europeos durante los dos siglos y medio entre las expediciones de Magallanes y el capitán Cook. La reconstrucción lingüística de la palabra quechua *kumara*, vocablo de origen protopolinesio para designar al camote, se ha utilizado para demostrar el contacto precolombino directo entre polinesios y poblaciones andinas, aunque existen ciertas dudas al respecto.

El camote es una de las plantas sagradas de los hawaianos conocida como *uala*, crece silvestre en las montañas y es consumida como alimento de emergencia. Según Handy, llegaron a esta isla por cuatro posibles rutas: directamente de América; entre las Islas Marquesas y América; pasando por las Islas Marquesas camino a América; y Hawai, Islas Marquesas, Isla de Pascua y América; en este caso por una simple canoa en un solo viaje. De acuerdo con las tradiciones y con evidencias culturales actuales, cuando se prepara un viaje largo en canoa en Hawai, no solamente llevan alimentos preparados que consumen durante el viaje, sino también taro, camote, plátanos, coco y otras plantas y semillas, en el supuesto de descubrir nuevas tierras.

O'Brien propone la teoría de que fueron los portugueses quienes llevaron la planta a la India, Indonesia y África, desde donde la planta fue introducida a la Polinesia (*ca*. 1 000 a.C.) y de allí dispersada al resto del Pacífico.

Las primeras noticias americanas sobre el camote pertenecen a Cristóbal Colón, en 1492, y a Fernández de Oviedo, quien la conoció en 1526 en la isla La Española y la describió en sus crónicas. Se sabe además –gracias a los estudios de Montaldo y Austin– que a la llegada de los españoles, el cultivo estaba diseminado en todo Centro y Sudamérica. Se refiere que Colón encontró esta especie a su llegada a Cuba en 1492 y regresó con ella a Europa; la especie mencionada como "aje" no era dulce y se comparaba con las zanahorias. En los viajes subsecuentes de los españoles a América Central y Sudamérica encontraron tipos llamados "batata", más dulces, y los llevaron a Europa; asimismo, transportaron la planta hacia China, Japón, Malasia y las islas Filipinas en el siglo XVI.

Según Yen, la dispersión del camote en Oceanía se puede documentar desde 1786 y está relacionada con los viajes del capitán sir Francis Cook, lo que contraviene la idea anterior de que la introducción

fue realizada por los españoles. Sin embargo, esta autora no analiza la situación de Tahití y de las islas más sureñas de esta región oceánica.

De acuerdo con algunas fuentes históricas de México los nahuas englobaron a esta especie en la categoría de *camohtli* (raíz comestible). Sahagún menciona: "[...] que son las 'vatatas de esta tierra', que son raíces buenas de comer, que se hacen como nabos debajo de la tierra y que se comen cocidas, crudas y asadas".

El protomédico del rey Felipe II de España, don Francisco Hernández, menciona que los haitianos la denominaban *batata*, de donde viene su epíteto específico y destaca que en Nueva España: "[...] existían algunas variedades distintas sólo por el color de la raíz (pues todas tienen tallos volubles, hojas angulosas y redondas y flores con figura de cálices blancos con púrpura)". Dependiendo de su color variaba su nombre en náhuatl. Por su parte, Nicolás Monardes publicó en Sevilla en 1574 que las batatas son "mantenimiento de mucha sustancia", que son medias entre carne y frutas. Añadía que crudas no son buenas de comer, son muy ventosas y duras de digestión, pero que esta característica se les quita con asarlas o se "echaren en vino fino". A principios del siglo XIX, fray Juan de Navarro comentó que: "[...] el camote es una fruta templada y que sirve de sustento; el agua en que se cuece es útil para bañar las manos gotosas". Actualmente los camotes –como les llamamos en México– se consumen en diversos guisos salados y dulces, y forman parte importante de la dieta del mexicano.

Acerca de su cultivo

Ipomoea batatas es uno de los cultivos tradicionales más antiguos y valiosos. Actualmente se siembra en todo el mundo, especialmente en los países en desarrollo debido –entre otros factores– a su fácil propagación y pocos requerimientos de insumos, agua, fertilizantes y a su habilidad de crecer bajo altas temperaturas. Son plantas perennes que bajo cultivo son manejadas como plantas anuales. A últimas fechas se ha intensificado su producción más en las zonas templadas que en las tropicales.

El camote se propaga por medio de fragmentos de guía de una longitud de 30 a 40 cm, de los cuales se entierran las dos terceras partes. En países con clima templado la propagación se hace por medio de brotes que se obtienen de camotes pequeños o medianos que previamente se han sembrado en almácigos.

En México, de acuerdo con Olmos-Barrera se siembran variedades con pulpa blanca, amarilla, naranja, rojiza o púrpura en dos ciclos agrícolas: el de primavera-

Debido a la belleza de sus flores en forma de cáliz, *Ipomoea batatas* ha sido también cultivada como planta ornamental.

Principales estados productores de camote en México.

Estado	Ha. 1990-1991 P/V	Ha. 2004	Ton. 1990-1991 P/V	Ton. 2004	Ha. 1990-1991 O/I	Ha. totales 1990-1991	Ton. 1990-1991 O/I	Ton. totales 1990-1991
Guerrero	117.88	128	473.42	1105	27.52	145.40	67.02	540.44
Aguascalientes	20.13	74	85.72	1361	13.00	33.13	25.50	111.22
México	18.50	77	16.00	1424	12.77	31.27	44.90	60.90
Nayarit	81.24	115	520.77	1861	29.50	110.74	174.91	695.68
Yucatán	414.74	69	353.22	1920	36.90	451.69	179.24	532.46
Jalisco	129.43	161	1069.79	3845	21.50	150.95	132.43	1202.22
Chihuahua	189.00	212	2096.02	6533	0	189.00	0	2096.02
Michoacán	546.25	531	4696.94	10756	249.50	795.73	2209.06	6906.00
Guanajuato	528.39	1090	4262.96	27328	241.12	769.51	1713.88	5976.84

P/V: Primavera verano

O/I: Otoño invierno



En los países africanos diferentes variedades de camote son de gran importancia alimenticia.
Foto: © Fulvio Eccardi

verano y el de otoño-invierno. Con datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), se sabe que se planta prácticamente en todos los estados de la República con una producción aproximada de 61 098 toneladas en 2 908 hectáreas, siendo los más productivos Guanajuato (27 328 toneladas) y Michoacán (10 756). En términos de rendimiento (toneladas por hectárea), los más productivos, independientemente del área sembrada, son Chihuahua (30.8), Yucatán (30.0), Guanajuato (25.5), Michoacán (24.2) y Jalisco (23.8).

De 1990 a 2004 se ha reportado el incremento en extensión de área cultivada en casi todos los estados con mayor producción de camote, a excepción de Guerrero, Yucatán y Michoacán, donde ha disminuido aunque su producción en toneladas va en aumento, tal vez debido a mejores técnicas de cultivo y a la aplicación de insumos antes no utilizados. Lo que sorprende es el incremento en la producción de camote en los estados de "clima templado" (Chihuahua y Guanajuato), que ahora se promueve sobre todo en condiciones de riego y no sólo en áreas de temporal. Esto sin duda ha permitido aumentar su rendimiento en los últimos quince años; en el caso de Guanajuato su producción se ha incrementado en casi 400% y en otros estados, como Aguascalientes, México, Nayarit, Yucatán, Jalisco y Chihuahua, en más de 100%. Por otro lado, la superficie de cultivo en los estados con clima cálido-seco, donde tradicionalmente se cultivaba, disminuye; tal es el caso de Guerrero, Michoacán y Yucatán.

Un poco de su etnobotánica

En la región central de México se prefieren las variedades blancas, pero también se consumen las moradas y amarillas. Las blancas y moradas se encuentran comúnmente en los mercados y tianguis, y en el caso de las moradas sólo en cierta temporada llegan a los supermercados, a diferencia de las variedades amarillas y blancas que se comercializan a mayor escala y por lo general están a la venta todo el año. Estados como Puebla han popularizado sus camotes cristalizados; sin embargo, la producción de camote en este estado es menor de 500 toneladas anuales. En el caso de Colima y Jalisco el camote en piloncillo o en almíbar es un alimento básico de desayuno que se acompaña con leche. No obstante que el camote es una especie de gran importancia cultural en México, el país no figura a nivel internacional entre los principales productores.

En general, los camotes se emplean como comestibles. Existen muy pocos reportes en los que se les atribuyen propiedades medicinales. Es el caso del camote amarillo que se menciona útil para el tratamiento de algunas enfermedades causadas por deficiencias nutrimentales como la pelagra y el escorbuto debido a la gran cantidad vitaminas y de carotenos que contiene. De acuerdo a Lorenz y Matos, las hojas y raíces son efectivas para el tratamiento de leucemia, anemia, hipertensión, diabetes y hemorragias. En la medicina casera, según Roig y Mesa, el cocimiento de los bejucos se considera como galactagogo, es decir, sirve para aumentar la leche de las mujeres que están criando. Se han descrito las propiedades antitumorales a partir de decocciones de las hojas, que se utilizan en forma de gárgaras para tratar tumores de la boca y la garganta.

¿Cuán nutritivo es?

El valor nutritivo del camote es mayor

en comparación con el de la papa, además de ser una fuente valiosa de fibra, antioxidantes y rica en vitaminas y minerales. El tipo "amarillo" –especialmente el de pulpa con un color similar al de la calabaza– tiene un contenido de beta-caroteno mayor que el de la zanahoria; bastan de tres a seis rebanadas de un camote para garantizar la cantidad de vitamina necesaria para el hombre cada día. Por esta razón, su uso como alimento-medicamento está indicado contra la deficiencia de vitamina A, reconocida por los síntomas de atraso en el crecimiento infantil, la piel áspera, la ceguera nocturna y la úlcera de córnea que puede provocar la pérdida total de la visión. Estos malestares se observan con frecuencia entre la población infantil de las zonas marginales y de mayor pobreza de los países del tercer mundo. Su valor nutricional por cada 100 g de tubérculo comprende en mayor proporción agua 74%, fibra 1.2%, lípidos 0.2%, proteínas 1.2%, grasas 0.6 g, carbohidratos 21.5 g, azúcar 9.7 g, almidones 11.8 g, sodio 41 mg, potasio 385 mg, fósforo 55 mg, calcio 22 mg, hierro 1 mg; también magnesio cobre, zinc y cloro. Asimismo, el camote contiene vitamina C 25 mg; vitamina A 667 UI; vitamina B1 0.1 mg; vitamina B2 0.06 mg; vitamina B3 52 mg. Aunque se le ha dado mayor importancia al tubérculo como alimento, algunos autores han estudiado el valor nutricional del follaje y han encontrado que es muy parecido al del tubérculo. Por lo tanto, existen estrategias de investigación enfocadas en la búsqueda de procesos tecnológicos para la utilización completa de la planta.



El camote morado es considerado más dulce que otras variedades en la región del estado de Morelos.

Foto: © Edelmira Linares

El camote crudo puede producir flatulencia, diarreas e incluso una purgación drástica debido a su alto contenido de resinas glicosídicas (alrededor de 5 a 18%), similares a las responsables de la actividad purgante de las especies del género *Ipomoea* que forman parte del complejo medicinal de la raíz de jalapa (*Ipomoea purga* e *I. orizabensis*, entre otras).

Comentarios finales

Llama la atención el incremento de la producción del camote en climas templados, antes considerado un cultivo propio de climas cálidos y secos por ser una especie que se desarrolla muy bien en condiciones de altas temperaturas, con poco riego e insumos. Ello tal vez se deba principalmente a tres factores: la búsqueda constante de sembradíos más redituables, en términos económicos, que el maíz, debido al bajo precio que este último ha alcanzado en los últimos años; su laboreo bajo riego; y su cultivo en el ciclo de primavera verano, cuando las condiciones de bajas temperaturas no lo afectan.

Con este artículo queremos llamar la atención sobre la importancia que el camote representa para nuestro país, no sólo histórica y culturalmente, sino también como un cultivo promisorio que ha acompañado a nuestras culturas a lo largo de su historia y les ha brindado sustento. Si hoy combinamos la sabiduría de los campesinos para su producción con la creatividad de los chefs, cocineras y cocineros mexicanos, lograremos darle un valor agregado que beneficie a toda la cadena productiva relacionada con esta valiosa especie.

Agradecimientos

A Karen Dakin por la confirmación del significado de la palabra náhuatl *camohtli*; a Jesús Humberto Rodríguez del INEGI por su apoyo en la búsqueda de los datos estadísticos y a Salvador Montes por la información sobre los antecedentes.

Para consultar la bibliografía de este artículo, escribir a los autores.

*Edelmira Linares y Robert Bye: Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.
mazari@ibiologia.unam.mx
**Daniel Rosa-Martínez y Rogelio Pereda-Miranda: Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México

Las montañas forman parte del paisaje mexicano y en ellas se encuentra una gran diversidad de recursos naturales y culturales. Son relevantes por su aportación de agua, alimentos, plantas medicinales, madera, leña y recreación, entre otros servicios ambientales.

Los artículos que componen este libro se presentaron en el Primer Simposio en Ecología Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Montaña en México, llevado a cabo en noviembre de 2005 en la ciudad de Jalapa, Veracruz. La obra se divide en tres partes: en la primera se describen los diferentes bosques de México y se dan las bases para la creación de modelos de restauración y aprovechamiento de sus recursos. En la segunda, se pone énfasis en la necesidad de incorporar los diferentes sistemas productivos con la conservación de la biodiversidad. En la tercera, se incluye una visión general de algunas de las posibilidades que ofrece la biotecnología en el campo de la silvicultura y la conservación de los ecosistemas de montaña.

Es una coedición de la CONABIO, la Universidad Veracruzana, el Laboratorio de Biotecnología y Ecología Aplicada y Mundi-Prensa, México. La edición estuvo a cargo de Lázaro Rafael Sánchez-Velásquez, Jorge Galindo-González y Francisco Díaz-Fleischer.





COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

La CONABIO te invita a consultar sus acervos bibliográfico y de imágenes relacionados con la biodiversidad. Para mayor información llama al teléfono 5004 4972 o consulta la página web <www.conabio.gob.mx>.

La misión de la CONABIO es promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica, así como a su conservación y uso sustentable para beneficio de la sociedad.

Los artículos reflejan la opinión de sus autores y no necesariamente la de la CONABIO.
El contenido de *Biodiversitas* puede reproducirse siempre que se citen la fuente y el autor.
Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor: 04-2005-040716240800-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13288. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 10861.

EDITOR RESPONSABLE: Fulvio Eccardi Ambrosi
DISEÑO: Renato Flores
ASISTENTES: Thalía Iglesias, Leticia Mendoza
CUIDADO DE LA EDICIÓN: Adriana Cataño
IMPRESIÓN: Litoprocess impresos
PRODUCCIÓN: Gaia Editores, S.A. de C.V.

biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan 14010 México, D.F.
Tel. 5004-5000, fax 5004-4931, www.conabio.gob.mx Distribución: nosotros mismos